

治具レスでの工業製品の組立を目指した 低自由度汎用ハンドの設計と把持戦略の計画

60200105 福西聖也

発表日 6 月 20 日

1 対象部品や機構設計について

1.1 対象部品としてベルトドライブユニットを用いるメリットは何か

2018 年度，経済産業省と NEDO（New Energy and Industrial Technology Development Organization）が主催するロボットの競技会である World Robot Summit 2018 が開催され，その大会の四つのカテゴリのうち，ものづくりカテゴリとよばれる新たな生産システムとなるようなロボットシステムの競技が開催された．その競技では，Fig. 1 に示すようなベルトドライブユニットとよばれる製品の組立を行う種目があり，世界中の大学や企業から構成された 16 チームが様々な

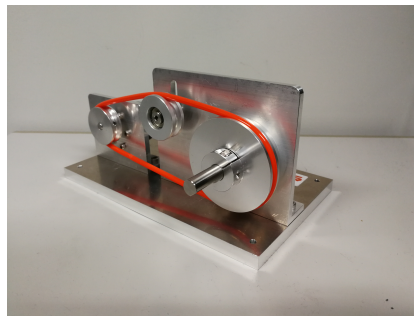
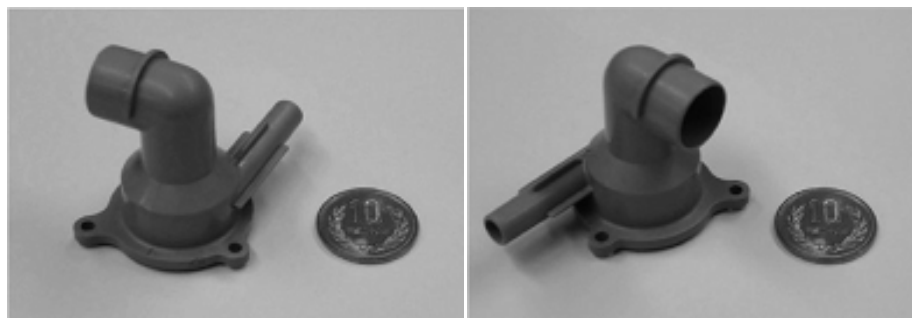


Fig. 1 Belt drive unit



(a) Front of the part

(b) Rear of the part

Fig. 2 Target part of the electronic pot [1]

アプローチで製品の組立を目指したが，組立に成功したチームはわずか 1 チームであった．これは，ベルトドライブユニットは多形状かつ大小様々な部品から構成され，中には柔軟部品としてゴムベルトが含まれており，ロボットハンドの汎用性が大きく求められていたことに起因すると考えられる．これらのことから，提案したロボットハンドでこの製品の組立作業を実現することで，当ハンドの汎用性の高さを示すことができる．そこで，ベルトドライブユニットを対象製品として組立作業を実現し，当ハンドを産業用低自由度汎用ハンドとして妥当であることを示す．

1.2 他に対象製品としてどのようなものを考えているのか

具体的に次の対象製品として取り扱うものは検討中であるが，例えば従来研究にて用いられており，Fig. 2 のような形状の部品などから構成されている電気ポットなどの製品の組立を考えている．

1.3 なぜ Balan らが提案したハンドで組立作業を行わないのか

Balan ら [2] が提案した三指ハンドは，Fig. 3 に示すように二本の指が軸に固定されており，その軸と垂直な軸に配置された指が独立して動くような機構であり，今回対象としたベルトドライブユニットのように，Fig. 4 に示すワッシャのような小さな部品から L 字プレートのような大きな部品まで存在する場合には，小さな部品を把持することを優先して固定された指の幅を小さくすると，大きな部品を把持することが難しいことは自明であるため，Balan らが提案したハンドを採用することは難しい．

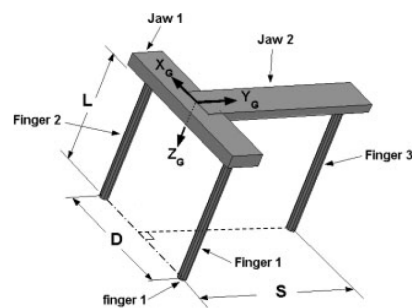


Fig. 3 Robotic hand proposed by Balan [2]

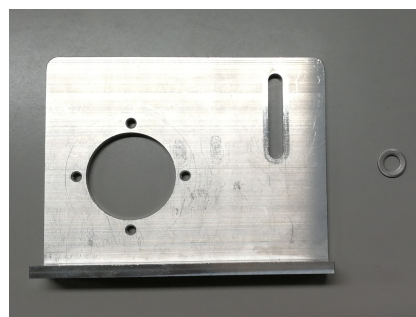


Fig. 4 Parts of the belt drive unit

1.4 どのようにハンドの大きさや機構を決定するのか

機構に関しては、対象製品の構成部品すべてに対して把持可能な指位置を計算し、その指位置を実現できるようなハンドの機構を設計していく。ハンドの大きさは、それぞれ把持可能な指位置を計算した上で、その指位置を実現するために必要な指の開き幅を計算し、ハンドの大きさを設計する。

1.5 電動ドライバを内蔵することで汎用性は下がらないのか

電動ドライバはハンドの指の長手方向と平行に上下に運動できる機構を検討しており、部品を把持する際には二指の平行グリップで把持し、電動ドライバが部品の把持と干渉しないように収納しておくため、汎用性は下がらないと考えている。

1.6 なぜベルトドライブユニットの組立手順について考察したのか

提案した二つのハンドが組立作業時に部品と干渉したり、双腕での作業を行う際にお互いに干渉し合わないかなど、それぞれの部品における配置可能な指位置を計算するだけでは分からない問題を抽出するために対象製品の組立手順について考察を行った。

2 対象部品における把持戦略について

2.1 従来研究でのアライメント手法では四指ハンドを使用していたが、想定しているハンドでもアライメントを行えるのか

従来研究では、部品によっては三本指のハンドでもアライメントできる部品があることが示されているため、用いられているアルゴリズムで対象部品に対してシミュレーションを行うことでアライメントが可能であるか判定できる。

2.2 センサレスでどのように部品の位置と物体の情報を得るのか

センサレスとするのはカメラや距離センサといった外界センサを用いないという意味合いであり、モータのエンコーダのような内界センサは用いることを想定している。また、部品の形状情報は、対象部品の 3D CAD モデルを事前にシステムに登録して得る。さらに、今回の問題設定として所定の位置に置かれた部品トレイの仕切られた枠内に指定された部品が置かれていることを想定しており、部品のアライメントは一定の範囲内の部品の位置誤差を吸収して行うため、部品の位置情報を直接得ることはない。

2.3 センサレスで運用するメリットは何か

外界センサなしで組立作業を行うことで、現在のカメラセンサなどに生じ得る部品位置の検出誤差にとらわれることなく対象部品を正確に把持可能であるというメリットがある。

2.4 物体とハンド間の摩擦や滑りは考慮しているのか

現在は，対象部品表面に配置可能な指位置を幾何的に計算しているのみであり，摩擦や滑りといった力学的要素は加味できていない．そこで，摩擦や滑りを考慮した配置可能指位置を計算し，実際の組立作業に有効である指位置を出力する予定である．

2.5 今回の配置可能な指位置の計算は二次元平面上で行っているが，三次元空間に拡張した際にそのまま計算結果を利用して良いのか

今回計算している対象部品は，対象部品の断面形状が一定であるような柱状部品である．また，この計算によって部品における指の長手方向の並進運動以外の自由度を form closure によって幾何的に拘束しているため，当部品では二次元平面上で計算した結果をそのまま利用して良い．

参考文献

- [1] 土橋宏規，神岡渉，深尾隆則，横小路泰義，野田哲男，長野陽，永谷達也：“組立作業のための平行スティック指汎用ハンドによる三次元形状部品の把持の最適化”，システム制御情報学会論文誌，vol. 28，no. 6，pp. 258–266，2015.
- [2] L. Balan and G. M. Bone: “Automated Gripper Jaw Design and Grasp Planning for Sets of 3D Objects,” Journal of Robotic Systems, vol. 20, no. 3, pp. 147–162, 2003.